

Systém pro testování tepelné izolace ochranných rukavic

David Kalas

Katedra technologií a měření
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
kalasd@ket.zcu.cz

System for Testing of Thermal Insulation of Protective Gloves

Abstract – This paper deals with the development of a system for testing of thermal insulation of protective gloves. presents and Design and construction of the testing equipment with a radiant heat source and a 3D human hand model is described in the introduction of this paper. The practical part of the paper is focused on the testing of planar textile sandwiches and flexible printed circuit boards in terms of distribution of heat during exposure to infrared radiation.

Keywords – Sensor system; Temperature measurement

I. ÚVOD

V poslední době dochází k velkému rozvoji v oblasti materiálů a technologií pro výrobu textilií, stejně tak i v oblasti integrace elektrických elementů do textilních substrátů. Vzhledem k tomuto vývoji existuje požadavek na kvalitní tepelné testování ochranných oděvů. Systém pro tepelné testování je dostupný jen na několika málo předních pracovištích na světě. Tyto systémy však nejsou z důvodu omezeného množství senzorů v oblasti ruky použitelné pro měření detailního rozložení teploty uvnitř rukavice [1]. Všechny laboratorní testy v současnosti pracují pouze s planárními textilními sendviči ze základních materiálů [2], a tím zanedbávají vliv spojování jednotlivých vrstev a dílů (sešívání, lepení a svařování), vliv materiálů, které nejsou na celé ploše rukavice (reflexní prvky, pěnové výplně a další výztuhy) a vliv samotné konstrukce (počet dílů a umístění spojů a vrstev). Tato práce se zabývá konstrukcí celého testovacího systému, testováním základních sendvičových materiálů a vlivem návrhu flexibilních plošných spojů na určení místa teplotního defektu sendvičového materiálu.

II. KONSTRUKCE SENZOROVÉHO SYSTÉMU

Celý senzorový systém se skládá ze tří základních částí: Testovací stolice se zdrojem IR sálavého tepla včetně clony, modelu ruky s integrovanými senzorovými elementy a z vyhodnocovacího softwaru [3].

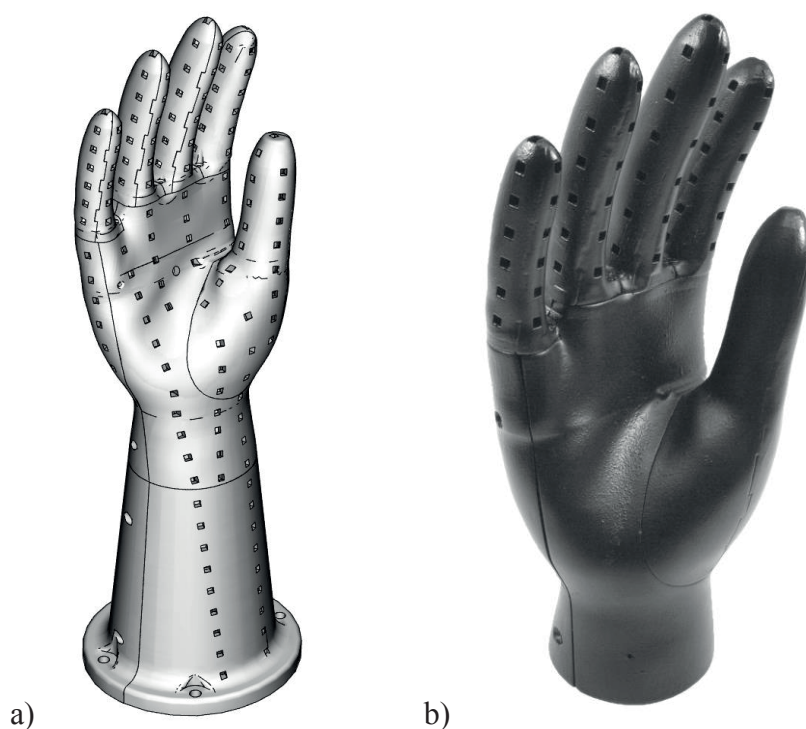
A. Konstrukce tepelné stolice

Nosná konstrukce tepelné stolice je z hliníkových modulárních profilů. Hliníkové profily jsou vzhledem k maximálnímu výkonu zdroje chráněny tepelně izolační textilií, která zabraňuje tepelnému namáhání hliníkové konstrukce.

Plošný IR zdroj o rozměrech 500x300 mm je tvořen topnými články KANTHAL Silit SiC o maximálním tepelném výkonu 40 kW/m². Sálavý panel je vyroben ze žáruvzdorných izolačních desek a posuvně umístěn na nosné konstrukci. Tepelný tok v místě vzorku lze tedy kromě tyristorové regulace nastavovat i vzdáleností zdroje vůči vzorku. Testovaný vzorek je umístěn za clonou, která je využívána při měřeních se skokovou tepelnou expozicí. Pro možnost tepelné expozice rukavice ze všech stran bude model ruky umístěn na otočné a sklopné platformě.

B. Model lidské ruky

Model lidské ruky pro montáž senzorového systému je vyroben z polyamidu PA6 plněného krátkými uhlíkovými vlákny, jeho rozměry vychází z normovaných modelů pro ponorem vyráběné gumové rukavice a je rozebíratelný. Celkem se skládá ze 14 dílů, které jsou spojeny vruty. V rámci finálního a otestovaného prototypu bude provedeno slepení jednotlivých dílů a celoplošné nalakování pro snížení tření povrchu (Obrázek I). Model je maximálně odlehčen na úroveň dostatečné mechanické odolnosti. Uvnitř modelu jsou drážky se čtvercovými otvory 3,5 x 3,5 mm pro integraci flexibilních plošných spojů se senzory. V těchto místech je model 1,5 až 3 mm silný. Plošné spoje jsou pro snadné vycentrování jednotlivých senzorů v „okénkách“ a sesazení v drážkách fixovány UV vytvrditelným lepidlem Loctite AA3926. Odolnost tohoto spoje byla testována v šokové komoře při teplotě -20 až + 80 °C po dobu 500 cyklů a při teplotě -40 až + 125 °C po dobu 500 cyklů. Během těchto testů nedošlo k narušení lepeného spoje mezi flexibilním plošným spojem a nosným dílem modelu ruky. Toto lepidlo bylo společně s dvousložkovým epoxidovým lepidlem Pattex Repair Epoxy, kyanoakrylátovým lepidlem Loctite Super Attak a hybridním lepidlem Loctite HY 4090 použito také pro spojení jednotlivých dílů modelu ruky a rovněž testováno v šokové komoře (Tabulka 1). V průběhu šokových testů nedošlo k žádné viditelné deformaci materiálu modelu ruky PA6.



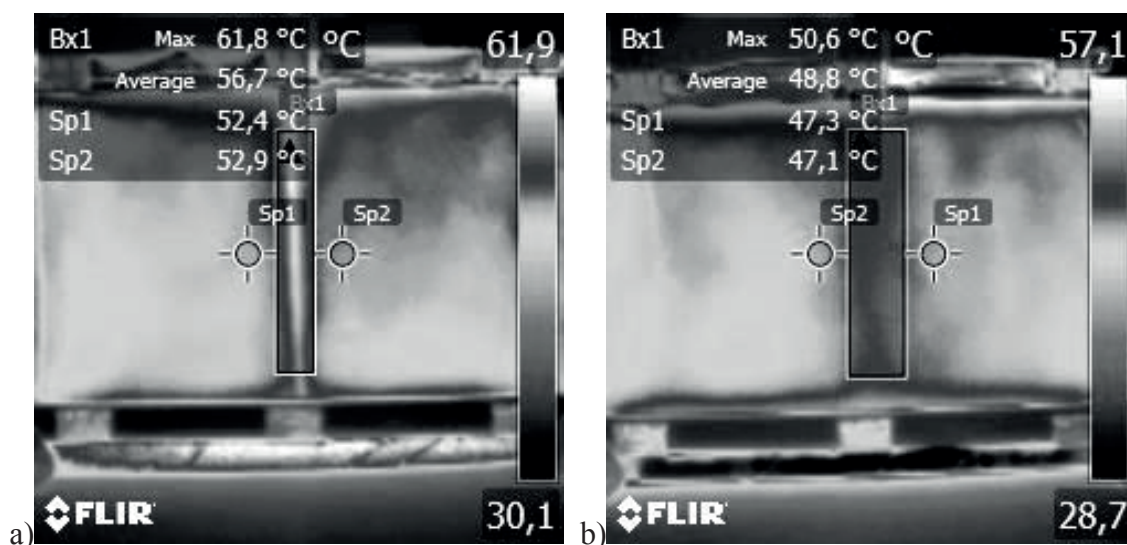
Obrázek I. a) Počítačový model ruky b) vyrobený model s lepenými spoji a povrchovou úpravou

TABULKA I. ODOLNOST LEPENÝCH SPOJŮ MECHANICKÝCH DÍLŮ PO TESTECH V ŠOKOVÉ KOMOŘE

Lepidlo	-20 až +80 °C, 500 cyklů	-40 až +125 °C, 500 cyklů	Cena [Kč]
Loctite AA3926	✓	X	4900/100 ml
Loctite Super Attak	X	X	1500/100 g
Patex Repair Epoxy	✓	✓	600/100 g
Loctite HY 4090	✓	✓	1100/100 ml

III. TESTOVÁNÍ TEXTILNÍCH SENDVIČŮ

Testování textilních sendvičů probíhalo na tepelné stolici s IR zdrojem o tepelném výkonu 5 kW/m². Textilní sendviče se skládají ze čtyř vrstev: svrchní ochranné vrstvy Nomex, aramidové netkané textilie, PU membrány a aramidové podšívky s vyšší gramáží (220 g/m²). Testovány byly dva vzorky: se švem na svrchní straně spojené s aramidovou netkanou textilií a druhý vzorek se švem taktéž na vrchní straně spojené s aramidovou netkanou textilií a zároveň se švem na aramidové podšívce. Tyto švy se vzájemně překrývaly. V první fázi expozice se švy díky překrytí sešívané textilie projevují jako místa s nižší teplotou, v druhé polovině expozice a především po jejím skončení je teplo z mezivrstev rukavice tímto švem odváděno pryč a v oblasti švu se objevuje lokální maximum teploty (Obrázek II, Tabulka II).



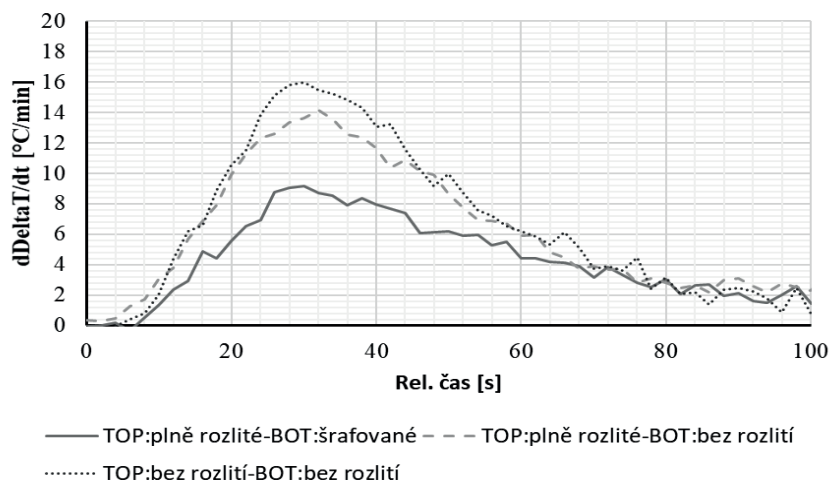
Obrázek II. Exponované textilní sendviče a) vzorek se švy na svrchní straně a podšívce b) vzorek se švem na svrchní straně

TABULKA II. TESTOVÁNÍ TEXTILNÍCH SENDVIČŮ

Vzorek	Teplota mimo oblast švu [°C/mm]	Maximální teplota v místě švu / šířka oblasti [°C/mm]	Průměrná teplota v místě švu / šířka oblasti [°C/mm]
Šev na svrchní straně a podšívce	53	62 / 3	57 / 10
Šev na svrchní straně	49	51 / 15	49 / 15

IV. VLIV NÁVRHU PLOŠNÉHO SPOJE

Flexibilní plošné spoje byly navrženy ve třech provedeních a byl testován vliv rozlití zemnicí plochy na určení místa teplotního defektu sendvičového materiálu, a zároveň vliv návrhu na signálovou integritu plošného spoje. Plošné spoje byly lokálně exponovány v místě jednoho senzoru a byl sledován časový průběh derivace maximálního rozdílu naměřených teplot v rámci celého plošného spoje s teplotními senzory. Rozdíl teplot je v rámci plošného spoje bez rozlité mědi téměř dvojnásobný oproti oboustranně použité zemnicí rovině (viz Obrázek III).



Obrázek III. Derivace maximálního rozdílu teplot v rámci plošného spoje v závislosti na čase

V. ZÁVĚR

Byla navržena konstrukce pro testování ochranných rukavic a provedeny šokové zkoušky materiálu modelu ruky a fixačních lepidel. Bylo zmapováno chování plošných textilních sendvičů s různým umístěním švů během a krátce po tepelné expozici. Dále byl zkoumán vliv návrhu plošného spoje na distribuci tepla po jeho zemnicí ploše. V další fázi výzkumu bude navržena a ověřena vhodná metodika testování tepelné izolace ochranných rukavic na nově vyvinutém testovacím zařízení s modelem ruky.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2018-005 a projektu SGS-2018-016: Diagnostika a materiály v elektrotechnice a projektu OP PIK GloveTech Projekt č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/15_019/0004628.

LITERATURA

- [1] HUMMEL, A., BARKER, R., LYONS, K. "Skin Burn Translation Model for Evaluating Hand Protection in Flash Fire Exposures". In *Fire Technology* 2014, 1285-1299, DOI: 10.1007/s10694-013-0336-7, ISSN 0015-2684.
- [2] EN 420:2003+A1:2009. "Protective gloves. General requirements and test methods". In 2003. ISBN 978-0-580-70411-6.
- [3] KALAŠ, D. Senzorový systém pro testování úrovně tepelné ochrany pracovních rukavic. In *Elektrotechnika a informatika 2017. Elektrotechnika, elektronika, elektroenergetika*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2017. s. 117-120. ISBN: 978-80-261-0712-5.